

AKTIVITAS ENZIM PEROKSIDASE BAWANG MERAH YANG DIINTRODUKSI DENGAN BAKTERI ENDOFIT DAN TAHAN TERHADAP PENYAKIT HAWAR DAUN BAKTERI (*XANTHOMONAS AXONOPODIS* PV. *ALLII*)

Zurai Resti¹, Trimurti Habazar¹, Deddi Prima Putra², & Nasrun³

¹Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan, PS Agroekoteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Andalas

²Fakultas Farmasi Universitas Andalas, Kampus Unand Limau Manis, Padang

³Balai Penelitian Tanaman Obat dan Aromatik, Laing, Solok

E-mail: zures_01@yahoo.com

ABSTRACT

Peroxidase enzyme activity of the introduced shallots with endophytic bacteria and resistant to bacterial leaf blight (*Xanthomonas axonopodis* pv. *allii*). Bacterial leaf blight caused by *Xanthomonas axonopodis* pv. *allii* is an important disease in shallots. We have earned six isolates of endophytic bacteria, which have the ability to induce systemically resistance to shallots. One mechanism in induce resistance in plants is a change in the plant defense enzyme activity such as peroxidase. The purpose of this study was to calculate the peroxidase enzyme activity of shallots crop is being introduced with endophytic bacteria and is able to induce resistance to *Xanthomonas axonopodis* pv. *allii*. This research was conducted by introducing six isolates of endophytic bacteria on shallot bulbs and planted in greenhouse. Shallots crop that was 14 days old then inoculated with the bacterium *Xanthomonas axonopodis* pv. *allii* and incubated until symptoms appear. Peroxidase enzyme activity was calculated on the roots and leaves of shallots are 0, 1, 2, 4, 6, 8, 10, 15, and 30 days after inoculation (dai). The results showed an increase in the peroxidase enzyme activity of shallots crop is being introduced by endophytic bacteria compared to the control. Isolates ULG1E2 (*Serratia marcescens* PPM4) was isolate with the highest peroxidase enzyme activity both in the roots and leaves are 0,051 $\mu\text{m/ml}$.

Key words: endophytic bacteria, Shallot, peroxidase enzyme, *Xanthomonas axonopodis* pv. *allii*

ABSTRAK

Aktivitas enzim peroksidase bawang merah yang diintroduksi dengan bakteri endofit dan tahan terhadap penyakit hawar daun bakteri (*Xanthomonas axonopodis* pv. *allii*). Penyakit hawar daun bakteri yang disebabkan oleh *Xanthomonas axonopodis* pv. *allii* merupakan penyakit yang penting pada pertanaman bawang merah. Penulis telah mendapatkan enam isolat bakteri endofit, yang memiliki kemampuan mengimbas ketahanan tanaman bawang merah secara sistemik. Salah satu mekanisme dalam pengimbasan ketahanan pada tanaman adalah perubahan aktivitas enzim pertahanan tanaman seperti peroksidase. Tujuan penelitian ini adalah menghitung aktivitas enzim peroksidase dari tanaman bawang merah yang diintroduksi dengan isolat bakteri endofit dan mampu mengimbas ketahanannya terhadap *Xanthomonas axonopodis* pv. *allii*. Penelitian ini dilakukan dengan mengintroduksi enam isolat bakteri endofit pada umbi bawang merah dan ditanam di rumah kaca. Tanaman bawang merah yang berumur 14 hari kemudian diinokulasi dengan bakteri *Xanthomonas axonopodis* pv. *allii* dan diinkubasi sampai muncul gejala. Aktivitas enzim peroksidase dihitung pada akar dan daun tanaman bawang merah yang berumur 0, 1, 2, 4, 6, 8, 10, 15, dan 30 hari setelah inokulasi (hsi). Hasil penelitian menunjukkan terjadinya peningkatan aktivitas enzim peroksidase pada tanaman bawang merah yang diintroduksi bakteri endofit dibandingkan dengan kontrol. Isolat ULG₁E₂ (*Serratia marcescens* PPM4) merupakan isolat dengan aktivitas enzim peroksidase tertinggi baik pada akar maupun daun yaitu 0,051 $\mu\text{m/ml}$.

Kata kunci: bakteri endofit, bawang merah, enzim peroksidase, *Xanthomonas axonopodis* pv. *allii*

PENDAHULUAN

Penyakit hawar daun bakteri (HDB) yang disebabkan oleh bakteri *Xanthomonas axonopodis* pv. *allii* (Xaa) merupakan penyakit penting yang dapat menyerang berbagai jenis bawang (Roumagnac *et al.*, 2004). Gejala ditemukan pada daun berupa bintik kecil kebasahan yang kemudian meluas menjadi coklat kehitaman, gejala ini kemudian menyatu menyebabkan terjadinya gejala mati pucuk serta hawar pada daun-daun yang lebih tua (Paulraj & O'Garro, 1993). Kerusakan akibat gejala penyakit dapat menurunkan hasil dan kualitas umbi (mencapai 100%) bila kondisi lingkungan mendukung dengan suhu dan curah hujan yang tinggi (Schwart & Gent, 2006).

Xanthomonas axonopodis pv. *allii* mempunyai banyak inang, tidak saja dari spesies *Allium* spp. seperti bawang Bombay (*Allium cepa*), bawang putih (*Allium sativum* L.), bawang daun (*Allium fistulosum*), bawang merah (*Allium ascalonicum*), tetapi juga menyerang tanaman leguminosa seperti buncis (*Phaseolus vulgaris* L.), kedelai (*Glycine max*), kacang lima (*Phaseolus lunatus*), dan *Pisum sativum* (Schwartz & Gent, 2006). Penyebaran patogen melalui air irigasi, kultur teknis yang tidak baik, sisa tanaman terserang setelah panen, serta benih yang terkontaminasi. Patogen ini termasuk tular-benih (*seed-born*) (Roumagnac *et al.*, 2004).

Patogen ini sangat sukar dikendalikan, sebagian besar pengendalian yang dilakukan menggunakan pestisida. Penggunaan pestisida harus diminimumkan karena dampak negatifnya terhadap manusia dan lingkungan. Pengendalian hayati merupakan salah satu alternatif pengendalian yang dapat menekan penggunaan bahan kimia pada budidaya tanaman pertanian (De Weger *et al.*, 1995; Postma *et al.*, 2003).

Bakteri endofit adalah bakteri yang berada dalam jaringan tanaman dan keberadaannya dalam jaringan tanaman tersebut tidak menimbulkan kerusakan dan tidak menimbulkan gejala apapun bagi tanaman. Bakteri endofit ini dapat diisolasi dari akar, batang, daun, bunga dan kotiledon (Bandara *et al.*, 2006). Bakteri endofit dapat berperan sebagai pemacu pertumbuhan tanaman (Barka *et al.*, 2002), mengurangi keparahan penyakit (Kloepper *et al.*, 2004), mengimbas ketahanan tanaman (Bakker *et al.*, 2007), menghasilkan senyawa anti-herbivory (Sullivan *et al.*, 2007), membantu penyerapan nitrogen (Jha & Kumar, 2007) dan meningkatkan penyerapan mineral bagi tanaman (Molinowski *et al.*, 2000). Di dalam tanaman bakteri endofit dapat terlokalisasi pada bagian dimana bakteri tersebut mulai masuk atau menyebar ke bagian tanaman lainnya. Di dalam jaringan tanaman bakteri berada di dalam sel, di ruang antarsel atau dalam

jaringan pembuluh (Zinniel *et al.*, 2002). Bakteri endofit sebagai agens biokontrol memiliki kelebihan dibandingkan agens biokontrol lainnya karena keberadaannya dalam jaringan tanaman, membuatnya mempunyai kemampuan bertahan terhadap tekanan biotik dan abiotik (Hallman *et al.*, 1997).

Beberapa jenis bakteri endofit di samping sebagai agens biokontrol, juga sebagai pemacu pertumbuhan tanaman, dan meningkatkan ketahanan tanaman terhadap patogen seperti *Pseudomonas cepacia*, *Pseudomonas fluorescens*, dan *Bacillus* sp (Kloepper *et al.*, 1999). *Burkholderia* sp. Strain PsJN mampu memacu pertumbuhan tanaman anggur (*Vitis vinifera* L.) (Compant *et al.*, 2004). Informasi terbaru menyatakan bahwa *Pseudomonas fluorescens* bersifat endofit pada perakaran padi dan mampu memfiksasi Nitrogen (Centre for Microbial and Plant Genetics, 2006). Bakteri endofit *Bacillus* spp. yang berasal dari berbagai jenis sayuran mampu mengurangi keparahan penyakit busuk buah pada tanaman coklat (Melnick *et al.*, 2008). *Pseudomonas putida* 89B-27 dan *Serratia marcescens* 90-166 mengurangi serangan Cucumber Mosaic Virus pada tomat dan mentimun (Raupach *et al.*, 2000), juga mengurangi serangan antraknos dan layu Fusarium pada mentimun (Liu *et al.*, 1995). *Pseudomonas* sp. strain PsJN menghambat *Botrytis cinerea* pada bawang dan memacu pertumbuhan anggur (Barka *et al.*, 2002). Penulis telah berhasil mendapatkan enam isolat bakteri endofit, yang mempunyai kemampuan mengimbas ketahanan bawang merah secara sistemik terhadap *Xanthomonas axonopodis* pv. *allii*. Hasil identifikasi secara molekuler enam isolat tersebut adalah *Bacillus cereus* strain P14, *Bacillus cereus* strain Se07, *Bacillus* sp H1, *Bacillus* sp SJ1, dan dua bakteri *Serratia marcescens* strain PPM4 (Resti *et al.*, 2013).

Ketahanan konstitutif tanaman secara struktural termasuk adanya penghambat (*barrier*) seperti dinding sel, juga senyawa penghambat seperti senyawa fenol (Nurnberger *et al.*, 2004). Enzim peroksidase berperan sebagai katalis dalam polimerasi monolignol yang membangun dinding sel tanaman (Vidhyasakeran, 2004). Infiltrasi lignin di dalam ruang dinding sel dapat meningkatkan kekuatan mekanik sel tanaman terhadap penetrasi patogen (Huang, 2001; Strange, 2003). Peroksidase adalah enzim yang berperan dalam proses ketahanan tanaman termasuk reaksi hipersensitif, proses lignifikasi, sintesis fenol, glycoprotein, penggabusan dan produksi fitoaleksin (Nicholson & Hummerschmidt, 1992; Wojtaszek, 1997). Tujuan penelitian ini, adalah menghitung aktivitas enzim peroksidase pada bawang merah yang diintroduksi dengan isolat bakteri endofit

dan mampu mengimbas ketahanan terhadap *Xanthomonas axonopodis* pv. *allii*.

METODE PENELITIAN

Tempat dan Waktu. Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Bakteriologi Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan dan rumah kaca Fakultas Pertanian Universitas Andalas Padang. Penelitian berlangsung dari April sampai Oktober 2013.

Bahan Tanaman. Benih bawang merah (kultivar Medan) diperoleh dari petani menangkan benih di daerah Alahan Panjang Kabupaten Solok, Sumatera Barat. Tanaman bawang merah dipelihara di rumah kaca Fakultas Pertanian Universitas Andalas Padang.

Isolat Bakteri Endofit. Enam isolat bakteri endofit yang digunakan pada penelitian ini merupakan isolat terbaik dalam pengimbasan ketahanan tanaman bawang merah terhadap penyakit hawar daun bakteri (*Xanthomonas axonopodis* pv. *allii*). Isolat ini diisolasi dari perakaran tanaman bawang merah sehat yang berasal dari dua Kabupaten di Sumatera Barat yaitu Kabupaten Solok dan Kabupaten Agam. Isolat bakteri endofit yang digunakan yaitu SN1E4 (*Bacillus* sp H1), SN2E2 (*Bacillus cereus* strain Se07), PU2E2 (*Bacillus* sp SJ1), BD4.2E1 (*Bacillus cereus* Strain P14), JB1E3 dan ULG1E2 (*Serratia marcescens* strain PPM4).

Introduksi Bakteri Endofit pada Benih Bawang Merah. Benih bawang merah kultivar Medan di potong 1/3 bagian atasnya dan direndam dengan suspensi bakteri endofit (10^8 sel/ml) selama 15 menit untuk menyakinkan bahwa suspensi bakteri menempel di permukaan benih. Pada perlakuan kontrol, benih direndam dalam akuades steril (Resti *et al.*, 2013). Benih ditanam pada media tanah steril (perbandingan tanah dan pupuk kandang 3:1), tanpa pemberian pupuk buatan dan tanaman disiram setiap hari.

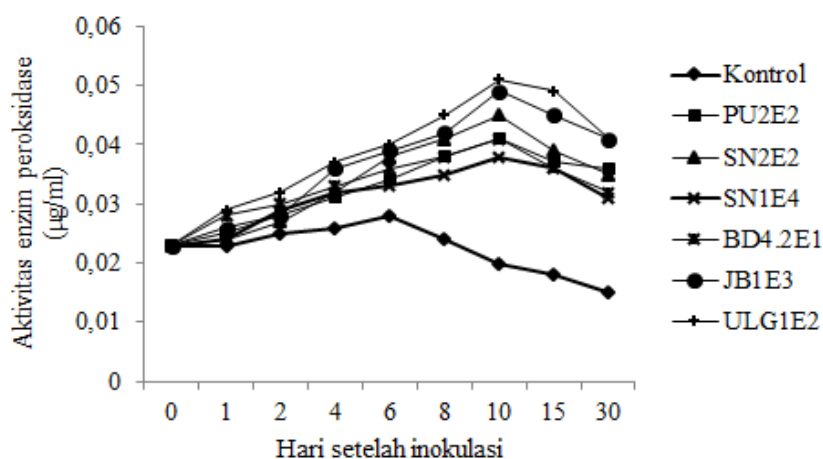
Inokulasi *Xanthomonas axonopodis* pv. *allii*. Setelah tanaman berumur 14 hari, bakteri patogen diinokulasikan dengan metode pelukaan daun menggunakan jarum steril. Suspensi bakteri *Xanthomonas axonopodis* pv. *allii* (10^6 sel/ml) dioleskan pada bagian ujung daun bawang merah yang telah dilukai (Klement *et al.*, 1990). Tanaman bawang merah yang telah diinokulasi selanjutnya disungkup dengan plastik bening, diamati tiap hari sampai muncul gejala kebasahan. Tanaman dipanen bagian akar dan daunnya pada umur, 0, 1, 2, 4, 6, 8, 10, 15, dan 30 hari setelah inokulasi (hsi).

Analisis Aktivitas Enzim Peroksidase. Sampel daun dan akar segar ditimbang sebanyak 1 g kemudian dihancurkan dengan mortar setelah ditambahkan segera 2,5 ml 0,5% dapar kalium posfat pH 7 dan 0,1 gram PVP (*Polyvinyl pyrrolidone*). Campuran tersebut diambil ekstraknya dan disaring dengan dua lapis kain kasa, disentrifus dengan kecepatan 6.000 rpm selama 15 menit pada suhu 4°C. Supernatan tersebut dipakai untuk pengukuran aktivitas peroksidase. Pengukuran aktivitas enzim peroksidase menggunakan metode Bateman (1967). Ekstraksi enzim sebanyak 0,2 ml dimasukkan ke dalam kuvet yang telah berisi 5 ml larutan pirogalol (0,631 g pirogalol dalam dapar fosfat 0,005 M pH 6 volume akhir 100 ml) kemudian dikocok. Kuvet diletakkan pada spektrofotometer (Mapada V.1100 D spectrophotometer) diatur agar jarum menunjukkan absorbansi yang sama dengan angka nol pada panjang gelombang 420 nm. Kuvet diangkat dan ditambah 0,5 ml H_2O_2 1% kemudian dikocok dan segera diletakkan pada spektrofotometer. Perubahan absorbansi diamati setiap 5 detik, sampai tidak terjadi perubahan lagi. Aktivitas Peroksidase dinyatakan dalam satuan $\mu g/ml$.

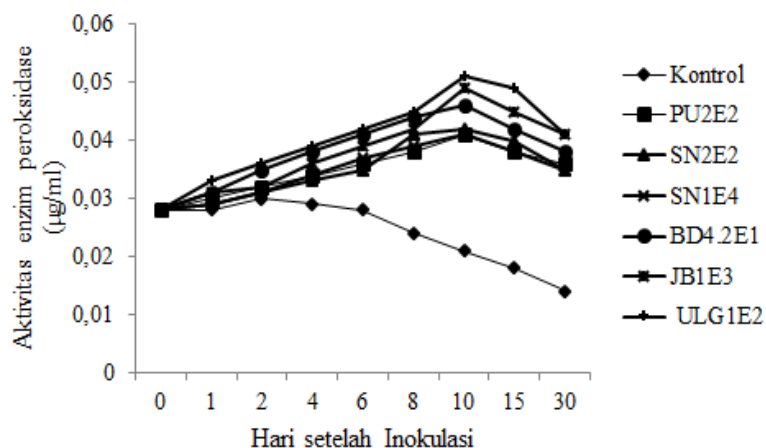
HASIL DAN PEMBAHASAN

Aktivitas enzim peroksidase pada akar dan daun bawang merah dihitung setelah tanaman diintroduksi dengan bakteri endofit dan diinokulasi dengan bakteri patogen (*Xanthomonas axonopodis* pv. *allii*). Aktivitas peroksidase pada daun dan akar bawang merah yang diintroduksi dengan bakteri endofitterus meningkat mulai dari 0 hsi (hari setelah inokulasi) sampai 10 hsidibandingkan kontrol. Enzim peroksidase pada akar (Gambar 1) lebih tinggi aktivitas dibandingkan pada daun (Gambar 2). Isolat ULG₁E₂ merupakan isolat bakteri endofit dengan aktivitas peroksidase tertinggi pada 10 hsi yaitu 0,051 $\mu g/ml$ pada akar maupun daun.

Ketika tanaman terinfeksi patogen akan terjadi perubahan fisiologi pada tanaman, dan enzim pertahanan tanaman umumnya akan aktif bereaksi. Enzim peroksidase merupakan salah satu enzim yang berhubungan dengan proses pertahanan tanaman. Terbentuknya pertahanan akibat aktivitas enzim peroksidase ditentukan oleh kepekaan tanaman terhadap suatu penyakit. Ketahanan konstitutif tanaman secara struktur termasuk adanya penghambat (*barrier*) seperti dinding sel, juga senyawa penghambat seperti senyawa fenol (Nurnberger *et al.*, 2004). Peroksidase adalah enzim yang berperan dalam proses ketahanan tanaman termasuk reaksi hipersensitif, peligninan, sintesis fenol, glycoprotein, penggabusan dan produksi fitoaleksin (Nicholson & Hummerschmidt, 2002; Wojtaszek, 1997).



Gambar 1. Aktivitas peroksidase pada akar bawang merah yang telah diintroduksi dengan bakteri endofit dan diinokulasi dengan *Xanthomona axonopodis* pv. *allii*



Gambar 2. Aktivitas peroksidase pada daun bawang merah yang diintroduksi dengan bakteri endofit dan diinokulasi dengan *Xanthomona axonopodis* pv. *allii*

Peningkatan aktivitas enzim peroksidase pada tanaman bawang merah yang diintroduksi dengan bakteri endofit merupakan salah satu petunjuk terjadinya pengimbasan ketahanan tanaman terhadap patogen, dengan penurunan tingkat keparahan penyakit. Penelitian Resti *et al.* (2013) membuktikan bahwa introduksi bakteri endofit ULG₁E₂ pada tanaman bawang merah menurunkan persentase keparahan penyakit sampai 17,28 %. Aktivitas peroksidase lebih tinggi pada tanaman yang diintroduksi dengan bakteri endofit dibandingkan kontrol. Peningkatan tertinggi terjadi pada tanaman yang diintroduksi dengan isolat bakteri endofit ULG₁E₂ yaitu 0,051 µg/ml, diikuti oleh isolat JB₁E₃ yaitu 0,049 µg/ml, isolat BD_{4.2}E₁ yaitu 0,046 µg/ml, isolat SN₂E₂ yaitu 0,042 µg/ml, isolat PU2E2 dan SN₁E₄ yaitu 0,041 µg/ml serta kontrol 0,021 µg/ml (Gambar 1). Menurut Resti *et al.*

(2013), isolat ULG₁E₂ dan JB₁E₃ secara molekular merupakan bakteri *Serratia marcescens* PPM4, PU₂E₂ merupakan *Bacillus* sp SJI, SN₁E₄ merupakan *Bacillus* sp HI, SN₂E₂ merupakan *Bacillus cereus* Se07 dan BD_{4.2}E₁ merupakan *Bacillus cereus* P14. Hal ini menunjukkan bahwa introduksi umbi bawang merah dengan bakteri endofit dari kelompok *Bacillus* dan *Serratia marcescens* dapat meningkatkan ketahanan tanaman bawang merah terhadap penyakit hawar daun bakteri. Isolat ULG₁E₂ memiliki aktivitas peroksidase tertinggi baik pada akar maupun daun (0,051 µg/ml). Isolat ini secara molekular termasuk ke dalam spesies *Serratia marcescens* yang merupakan kelompok bakteri endofit dan mampu mengimbas ketahanan tanaman terhadap patogen. *Serratia marcescens* dikenal sebagai bakteri endofit yang diisolasi dari bawang merah (Edward *et*

al., 1989) dan dapat mengimbas ketahanan tanaman arabidopsis terhadap Cucumber Mosaic Virus (Ryu *et al.*, 2003). *Serratia marcescens* 90-166 mengurangi serangan Cucumber Mosaic Virus pada tomat dan mentimun (Raupach *et al.*, 1996), juga mengurangi gejala penyakit antraknos dan layu fusarium pada mentimun (Liu *et al.*, 1995). Bakterisasi dengan *Serratia marcescens* NBR11213 meningkatkan aktifitas enzim Peroksidase pada daun dan akar tanaman sirih yang tahan terhadap *Phytophthora nicotiana* (Lavania *et al.*, 2006).

Aktivitas peroksidase berkaitan dengan mekanisme peligninan pada dinding sel tanaman dan produksi senyawa fenol. Dinding sel yang kuat akan menghalangi proses masuknya patogen pada saat infeksi. Menurut Silva *et al.* (2004), aktivitas peroksidase dapat menghambat proses infeksi patogen karena terjadinya peligninan yang menghambat patogen masuk. Introduksi *Pseudomonas fluorescens* CHAO pada tanaman tomat yang mampu menekan *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici* dapat meningkatkan aktivitas enzim peroksidase (Ardebili *et al.*, 2011). Penumpukan enzim peroksidase, Polyphenol Oksidase, dan Phenyl almine lyase pada akar pisang yang tahan terhadap *Fusarium oxysporum* f.sp. *cubense* dan diintroduksi dengan *Pseudomonas fluorescens* menunjukkan terjadinya pengimbasan pertahanan pada pisang (Saravanan *et al.*, 2004). Aktivitas enzim peroksidase secara nyata meningkat pada tanaman mentimun yang diperlakukan dengan *Bacillus subtilis* B579 (Chen *et al.*, 2010).

Pada kontrol juga terjadi aktivitas peroksidase sampai hari ke-6 hsi, dan kemudian terus turun. Hal ini terjadi karena reaksi tanaman terhadap infeksi patogen, pelukaan daun saat inokulasi patogen. Menurut Van Loon (1997) enzim peroksidase merupakan suatu kelompok PR-protein (*Pathogenesis-Related* protein) dari golongan PR-9 yang terkumpul pada saat tanaman sakit. Selain itu, peningkatan aktivitas enzim peroksidase dipengaruhi oleh adanya serangan patogen. Aktivitas peroksidase sebagai penanda terjadinya pengimbasan yang bersifat lokal maupun sistemik pada tanaman (Martinez *et al.*, 2000).

SIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan terjadinya peningkatan aktivitas enzim peroksidase pada tanaman bawang merah yang diintroduksi bakteri endofit dibandingkan dengan kontrol. Isolat ULG₁E₂ (*Serratia marcescens* PPM4) merupakan isolat dengan aktivitas enzim peroksidase tertinggi baik pada akar maupun daun yaitu 0,051 µm/ml.

SANWACANA

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Ibu Dr. Yulmira Yanti, S.Si., M.P. atas saran dan bantuannya dalam penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Ardebili ZO, Ardebili NO, & Hamdi SMM. 2011. Physiological effects of *Pseudomonas fluorescens* CHAO on tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill) plants and its possible impact on *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici*. *Australian J. Crop Sci.* (AJCS) 5(12): 1631–1638.
- Bakker PAHM, Pierterse CMJ, & van Loon LC. 2007. Induced systemic resistance by Fluorescent *Pseudomonas* spp. *Phytopathology* 97(2): 239–243.
- Bandara WM, Seneviratne G, & Kalasooriya SA. 2006. Interaction among endophytic bacteria and fungi: effects and potentials. *Indian Academy and Sciences. J. Biosci* 31(5): 645–650.
- Barka EA, Gognies S, Nowak J, Audran JC, & Belarbi A. 2002. Inhibitory effect of endophyt bacteria on *Botrytis cinerea* and its influence to promote the grapevine growth. *Biol. control* 24(2): 135–142.
- Centre for Microbial and Plant Genetics. 2006. Plant Growth Promoting Rhizobacteria dan Biodegradasi. Katolike Universiteit Leuven, Netherlan.
- Chen F, Wang M, Zheng Y, Luo J, Yang X, & Wang X. 2010. Quantitative changes of plant defense enzymes and phytohormone in biocontrol of cucumber Fusarium wilt by *Bacillus subtilis* B579. *World. J. Microbiol Biotechnol.* 26: 675–684.
- Compant S, Reiter A, Sessitsch A, Nowak J, Clement C, & Barka EA. 2004. Endophytic colonization of *Vitis vinifera* L. by plant growth promoting bacterium *Burkholderia* sp. strain PsJN. *Appl. Environ. Microbiol* 71(4): 1685–1693.
- de Weger LA, van Der Bij AJ, Dekkers LC, Simons M, Wijffelman CA, & Lugtenberg BJJ. 1995. Colonization of the rhizosphere of crop plants by plant-beneficial *Pseudomonads* *FEMS Microbiol. Ecol.* 17: 221–228.

- Hallmann J, Quadt- Hallmann QA, Mahaffee WF, & Kloepper JW. 1997. Bacterial endophytes in agricultural crops. *Can. J. Microbiol.* 43(10): 895–914.
- Huang JS. 2001. *Plant Pathogenesis and Resistance : Biochemistry and Physiology of Plant-Microbe interaction*. Kluwer academic Publisher, Netherland.
- Jha PN & Kumar A. 2007. Endophytic colonization of *Typha australis* by a plant growth-promoting bacterium *Klebsiella oxytoca* strain GR-3. *J. Appl. Microbiol.* 103(4): 1311–1320.
- Kloepper JW, Leong J, Teintze M, & Schoth MN. 1999. Enhanced plant growth by siderophores produced by plant growth-promoting rhizobacteria. *Nature*. 286: 885–886.
- Kloepper JW, Ryu CM, & Zhang S. 2004. Induced systemic resistance and promotion of plant growth by *Bacillus* spp. *Phytopathology* 94(11): 1259–1266.
- Lavania M, Cauhan PS, Chauhan SVS, Singh HB, & Nautiyal CS. 2006. Induction of plant defense enzymes and phenolics by treatment with Plant Growth-Promoting Rhizobacteria *Serratia marcescens* NBRI1213. *Current Microbiology* 52: 363–368
- Liu L, Kloepper JW, & Tuzun S. 1995. Induction of systemic resistance in cucumber against *Fusarium* wilt by plant growth promoting rhizobacteria. *Phytopathology* 85(6): 695–698.
- Martinez C, Baccou JC, Bresson E, Baissac Y, Daniel JF, Jalloul A, Montillet JL, Geiger JP, Assigbetse & Nicole M. 2000. Salicylic acid mediated by the oxidative burst in a key molecule in local and systemic responses of cotton challenged by an avirulent race of *Xanthomonas campestris* pv *malvacearum*. *Plant Physiol.* 122: 757–766.
- Melnick RL, Zidack NK, Bailey BA, Maximova SN, Gultinan M, & Backman PA. 2008. Bacterial endophytes: *Bacillus* spp. from annual crops as potential biological control agents of black pod rot of cacao. *Biol. control* 46(1): 46–56.
- Nicholson RI & Hammerschmidt R 2002. Phenolic compounds and their role in disease resistance. *Annual Review of Phytopathology* 30: 369–389.
- Numberger T, Brunner F, Kemmerling B, & Plater. 2004. Innate immunity in plant and animal: Striking similarities and obvious differences. *Inmunol.Rev.* 198: 249–266.
- Paulraj L, & O'Garro LW. 1993. Leaf Blight of Onion in Barbados Caused By *Xanthomonas campestris*. *Plant Dis.* 86: 3330.
- Postma J, Montanari M, & Van Den Boogert PHJF. 2003. Microbial enrichment to enhance the disease suppressive activity of compost. *Eur.J. Soil Biol.* 39:157–163.
- Roumagnac P, Pruvost O, Chiroleu F, & Hughes H. 2004. Spatial and temporal analysis of bacterial blight of onion caused by *Xanthomonas axonopodis* pv *allii*. *Phytopathology* 94: 138–146.
- Raupach GS & Kloepper JW. 2000. Biocontrol of cucumber diseases in the field by plant growth promoting rhizobacteria with and without methyl bromide fumigation. *Plant Dis.* 84:1073–1075
- Resti Z, Habazar T, Putra DP, & Nasrun. 2013. Skrining dan identifikasi isolat bakteri endofit untuk mengendalikan penyakit hawar daun bakteri pada bawang meah. *JHPT Tropika* 13(2): 1167–1178.
- Ryu CM, Farag MA, Hu CH, Reddy MS, Wei HX, Pare PW, & Kloepper JW. 2003. Bacterial volatiles promote growth in *Arabidopsis*. *Pr. Natl. Acad. Sci USA.* 100(8): 4927–4932.
- Saravanan T, Bhaskaran R, & Muthusamy M. 2004. *Pseudomonas fluorescens* induced enzymatological changes in banana roots (cv. Rasthali) against *Fusarium* wilt disease. *Plant Pathology. J.* 3(2): 72–80.
- Schwartz HF & Gent DH. 2006. Xanthomonas Leaf Blight of Onion <http://www.Extcolestate.edu/push/gorden.html> Access 22-02-2006.
- Silva HAS, Romeiro RS, & Macagnan D. 2004. Rhizobacterial induction of systemic resistance in tomato plant: non-specific protection and increase in enzyme activities. *Biol. Control.* 29(2): 288–295.
- Sullivan TJ, Rodstrom J, Vandop J, Librizzi J, Graham C, Schardi CL, & Bultman TL. 2007. Symbiont-mediated changes in *Lolium arundinaceum* inducible defense: evidence from changes in gene expression and leaf composition. *New phytologist* 176(3): 673–679.

- Strange RN. 2003. *Introduction to Plant Pathology*. John Willey and Sons Ltd, England.
- Van Loon. LC. 1997. Induced resistance in plants and the role of pathogenesis-related proteins. *Evr. J. Plant Phatol.* 103: 753–765.
- Vidhyasekaran, P. 2004. *Concise Enclycolpedia of Plant Pathology*. Food Product Press and Howard Reference Press, London.
- Wojtaszek P. 1997. The oxidative burst : an early plant response to pathogen infection. *Biochem. J.* 322 (Pt 3): 681–692.
- Zinniel DK, Lambrecht P, Harris NB, Feng Z, Kuczmarski D, Higley P, Ishimaru CA, Arunakumari A, Barletta RG, & Vidaver AK. 2002. Isolation and characterization of endophytic colonizing bacteria from agronomic crops and prairie plants. *Appl. Environ. Mycrobior.* 68(5): 2198–2208.